

**Avaliação do desempenho operacional e energético do conjunto trator de
rabiça-rotoencanteirador**

**Operational and energetic performance assessment microtractor-
rotoencanteirator**

DOI:10.34117/bjdv5n11-312

Recebimento dos originais: 10/10/2019

Aceitação para publicação: 27/11/2019

Elivânia Maria Sousa Nascimento

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, Departamento de Engenharia Agrícola,
Pici, Fortaleza-CE, Brasil

Email: elivania_sousa@yahoo.com.br

Carlos Alberto Viliotti

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, Departamento de Engenharia Agrícola,
Pici, Fortaleza-CE, Brasil

Email: viliotti@ufc.br

Leonardo De Almeida Monteiro

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, Departamento de Engenharia Agrícola,
Pici, Fortaleza-CE, Brasil

Email: aiveca@ufc.br

Danilo Roberto Loureiro

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, Departamento de Engenharia Agrícola,
Pici, Fortaleza-CE, Brasil

Email: loureiro@ufc.br

Renildo Luiz Mion

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Universidade Federal do Mato Grosso

Endereço: Rodovia Rondonópolis-Guiratinga (MT 270), km 6, Sagrada Família,
Rondonópolis –MT, Brasil

Email: renildomion@gmail.com

Marcelo Queiroz Amorim

Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, Departamento de Engenharia Agrícola,
Pici, Fortaleza-CE, Brasil

Email: mqueirozamorim@yahoo.com

RESMUMO

Na agricultura familiar é frequente o emprego de tratores de rabiça por ser possível abranger uma maior área em menor tempo comparado com os trabalhos que utilizam a fonte de tração animal ou humana. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional e energético de um conjunto mecanizado trator de rabiça-rotoencanteirador em função da marcha de trabalho no solo mobilizado. O microtrator foi instrumentado com sensores indutivos e medidores de fluxo. As variáveis avaliadas determinadas foram consumo horário de combustível, patinagem dos rodados, velocidade de deslocamento, capacidade de campo teórica e efetiva e eficiência de campo. Os resultados mostraram que os dados seguiram uma distribuição normal por meio dos coeficientes de simetria e curtose. Houve diferenças significativas entre as marchas de trabalho para a patinagem, consumo horário de combustível e velocidade de deslocamento. Obteve-se maior patinamento quando o microtrator trabalhou na terceira marcha, o mesmo ocorreu com o consumo horário de combustível. A melhor eficiência de campo foi de 74,56% quando se trabalhou na terceira marcha. A terceira marcha de trabalho foi responsável pelo pior desempenho do conjunto mecanizado apresentando maiores valores de consumo horário de combustível e patinagem dos rodados.

Palavras-chaves: agricultura familiar, consumo de combustível, patinamento.**ABSTRACT**

Family farm is frequent or the use of micro tractor because it is possible to cover a larger area in the shortest time, with jobs that use the source of animals or humans. The objective of this work was to evaluate the operational and energetic performance of a microtractor-rotoencanteirator in functions gears in the mobilized soil. The microtractor was instrumented with inductive sensors and flow meters. The variables evaluated were: hourly consumption fuel, slipping, displacement speed, theoretical and effective field capacity and field efficiency. The results shown when the data follow a normal distribution by the symmetry and kurtosis coefficients. There were significant differences between working speeds for slipping, hourly consumption fuel and development speed. It gets the best slipping when the microtractor works in third gear, but occurs with hourly consumption fuel. The best field performance was 74.56% when performed on third gear. The third working gear was responsible for the worst performance of the mechanized assembly that has higher hourly consumption fuel and slipping wheeled maintenance values.

Keywords: family farming, fuel consumption, slipping

1 INTRODUÇÃO

A mecanização da agricultura brasileira propiciou incremento na produtividade e eficiência das operações no campo. A agricultura familiar constitui a base econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes, responde por 35% do produto interno bruto nacional e absorve 40% da população economicamente ativa do país (MAPA, 2019).

Os tratores de rabiça popularmente conhecido como microtratores são empregados como fonte de potência permitindo a mecanização da agricultura em áreas pequenas, este modelo de trator torna possível abranger uma maior área em menor tempo comparado com os trabalhos que utilizam a fonte de tração animal (MORAIS et al., 2009). Normalmente o microtrator vem com uma enxada rotativa posterior às rodas motrizes, podendo ser substituída por arados, carretas, pulverizadores, perfurador de solo e outros implementos (SILVEIRA, 1987).

No gerenciamento das máquinas agrícolas o controle dos custos com combustíveis e lubrificantes são classificados como custos operacionais, geralmente, representam 20 a 30% dos custos totais da máquina, dependendo do tipo de combustível e tempo de uso da máquina (KAMPHORST, 2003).

O desempenho operacional das máquinas agrícolas é fundamental no gerenciamento de sistemas agrícolas mecanizados, auxiliando na tomada de decisões, e visando sua otimização (MOLIN et al., 2006). Segundo Cortez et al. (2011) para executar as atividades dentro de certos períodos, deve-se estudar as capacidades, de campo, teórica, efetiva e operacional, de modo a minimizar os erros quando da realização das operações a campo.

A patinagem é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores, contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível (GABRIEL FILHO et al., 2002). A velocidade de trabalho altera o desempenho do trator, visto que afeta diretamente o consumo de combustível (NASCIMENTO et al., 2016).

Os ensaios de campo utilizando instrumentação agrícola em tratores têm como objetivo gerar informações que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos motomecanizados na área agrícola (SILVA et al., 1997). Atualmente, verifica-se que o uso de sensores, sistemas eletrônico de aquisição de dados e programas computacionais que possibilitam a coleta e o processamento de dados capazes de gerar informações importantes relacionadas aos parâmetros das máquinas agrícolas (INAMASU, SOUSA, TABILE, 2014).

No mercado existem diversos modelos de tratores, no momento da compra, a escolha do agricultor baseia-se na potência, conforto, facilidade de manobra e manutenção do trator, além do preço (SILVEIRA; SIERRA, 2010). O conhecimento da eficiência energética do

trator poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção (SILVEIRA; SIERRA; CANAVATE, 2008).

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho operacional e energético de um conjunto mecanizado (trator de rabiça-rotoencanteirador) em função das marchas de trabalho num solo mobilizado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na área experimental pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), localizado no Campus do Pici, Fortaleza-CE, nas coordenadas 03°43' latitude Sul e 38°32' longitude Oeste, a uma altitude de 19 m. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é tropical, tipo Aw', caracterizado pelas precipitações médias de 900 mm e temperaturas médias anuais de 28° C. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, textura franco arenosa (EMBRAPA, 2013).

Os ensaios foram realizados em solo mobilizado, com 30 metros de comprimento e 72 metros de largura, totalizando 2.160 m². O delineamento experimental foi em faixas utilizando três marchas de trabalho (1^a, 2^a e 3^a marcha) na rotação do motor de 800 rpm, com cinco repetições para cada marcha. Como fonte de potência foi utilizado o trator de rabiça, da marca Yanmar agritech, modelo TC14S, potência nominal de 10,3 kW a 2.400 rpm, massa total de 498 kg acoplado ao rotoencanteirador, modelo TA49 com 750 mm de largura, profundidade do corte 200 mm, de acordo com o catálogo do fabricante.

O trator de rabiça foi instrumentado com sensores de rotação e sensores de consumo de combustível, conectados ao sistema eletrônico para contagem de pulsos, utilizando um microcontrolador da família do microchip 18F452. O circuito elétrico alimentado pela bateria do microtrator foi construído para levar a tensão da bateria ao sensor e posteriormente, ao sistema de contagem de pulsos.

Para determinação da patinagem foram utilizados dispositivos constituídos por roda dentada (18 dentes) e sensores indutivos, modelo LM18 3008PA, acoplados as duas rodas motrizes, que realizaram a conversão de movimentos rotativos em pulsos elétricos, gerando 18 pulsos volta⁻¹. Com os sinais recebidos dos geradores de pulsos instalados nas rodas motrizes determinou-se a patinagem dos rodados por meio da Equação 1 conforme metodologia de Mialhe (1996).

$$Pat = \left(\frac{npc - nps}{npc} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

Pat = Patinagem dos rodados (%); nps= Número de pulsos da roda sem carga e npc= Número de pulsos da roda com carga.

O consumo horário de combustível foi determinado utilizando dois fluxômetros da marca “Flowmate” oval, modelo M-III instalado próximo à saída do tanque de combustível do microtrator e retorno do bico para o tanque, com uma vazão de 1mL/pulso. O cálculo do consumo horário de combustível foi realizado conforme Equação 2.

$$Ch = \left(\frac{np1 - np2}{tp} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que:

Chv = consumo horário volumétrico (L h⁻¹); np1: número de pulsos medido na saída do tanque, np2: número de pulsos medido no retorno do bico para tanque, tp: tempo de percurso (s), e 3,6: fator de conversão.

A velocidade de deslocamento foi determinada em função do espaço percorrido pelo conjunto mecanizado e o tempo de percurso nas parcelas (Equação 3).

$$V = \frac{s}{t} \quad (3)$$

Em que:

V = velocidade de deslocamento (km h⁻¹); s = espaço percorrido na área útil (m) e t = tempo de percurso percorrido pelo conjunto mecanizado nas parcelas (s).

A capacidade operacional teórica (Equação 4) que é a razão entre a velocidade de trabalho e a largura do implemento. Considera-se que a máquina trabalha 100% do tempo e utiliza 100% da largura de corte do implemento, sendo determinada conforme Equação 4.

$$Cot = \frac{v \times L}{10} \quad (4)$$

Em que:

Cot = Capacidade operacional teórica (ha h⁻¹); v = Velocidade de trabalho (km h⁻¹) e L = Largura de trabalho (m).

A capacidade de campo efetiva é a razão entre o desempenho real da máquina (área trabalhada) e o tempo total trabalhado no campo, expresso em hectare por hora e estimado pela Equação 5.

$$Cce = \left(\frac{Au}{tp} \right) \times 0,36 \quad (5)$$

Em que:

Cce = Capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹); Au = Área útil da parcela trabalhada (m²); tp = tempo de percurso (s) e 0,36 = Fator de conversão.

A eficiência do conjunto é calculada como a razão entre a capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo teórica, conforme a Equação 6.

$$Ef = \left(\frac{Coe}{Cot} \right) \times 100 \quad (6)$$

Em que:

Ef = eficiência de campo (%); Coe = Capacidade operacional efetiva (ha h⁻¹) e Cot = capacidade operacional teórica (ha h⁻¹).

Os dados foram submetidos à estatística descritiva e a normalidade dos dados verificada por meio do coeficiente de assimetria e curtose, em seguida, constatada a normalidade realizou-se a análise de variância e as médias comparadas a 5% de significância por meio do teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a estatística descritiva para as variáveis patinagem (%), consumo horário de combustível (L/h), velocidade média (km/h), capacidade operacional teórica e efetiva (ha/h) e eficiência (%) apresentaram distribuição normal por meio do coeficiente de assimetria e curtose (OLIVEIRA, 2010). Os coeficientes de assimetria apresentaram baixos valores, entre -2 e 2 (MONTGOMERY, 2004), indicando que os resultados estão bem distribuídos em torno da média. Os coeficientes de curtose, valores de ordem negativa se sobressaíram, indicando distribuições consideradas platicúrticas. Os coeficientes de variação observados para as variáveis foram considerados baixos (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002) para o consumo horário de combustível, capacidade operacional teórica e efetiva e eficiência de campo, indicando baixa variabilidade dos dados, com exceção, a patinagem e a velocidade de deslocamento apresentaram coeficiente de variação médio, respectivamente, 15,80 e 14,39%.

Tabela 1. Estatística para a patinagem (%), consumo horário de combustível (L/h), velocidade média (km/h), capacidade operacional teórica e efetiva (ha/h) e eficiência (%)

Estatística descritiva	Ch (L/h)	Pat (%)	V (km/h)	Cot (ha/h)	Cce (ha/h)	Ef (%)
Média	3,71	13,23	1,32	0,1	0,07	73,52
Desvio padrão	0,23	2,09	0,19	0,001	0,004	0,74
Variância	0,05	4,4	0,03	0,002	0,002	0,55
Assimetria	-0,31	0,57	-0,66	-0,14	0,78	0,6
Curtose	-1,61	-1,61	-1,24	-1,5	-1,61	-1,61
CV (%)	6,22	15,80	14,39	1,00	5,71	1,01

A análise de variância (Tabela 2) demonstrou que houve diferenças significativas para a patinagem (%), consumo horário de combustível (L/h) e velocidade média (km/h) e eficiência de campo (%) entre as marchas de trabalho avaliadas. O aumento da marcha de trabalho proporcionou incremento no consumo horário de combustível, patinagem dos rodados, velocidade de deslocamento e eficiência de campo.

Tabela 2. Valores médios de patinagem (%), consumo horário de combustível (L/h), velocidade média (km/h), capacidade operacional teórica e efetiva (ha/h) e eficiência (%).

Marcha	Ch (L/h)	Pat (%)	V (km/h)	Cot (ha/h)	Cce (ha/h)	Ef (%)
1 ^a	3,41 c	11, 22 c	1,04 c	0,10 a	0,08 a	72,87 c
2 ^a	3,75 b	12,45 b	1,36 b	0,10 a	0,07 b	73,28 b
3 ^a	3,96 a	16,00 a	1,51 a	0,10 a	0,07 b	74,56 a

O consumo horário médio de combustível foi de 3,1 L h⁻¹, e seu aumento ocorreu em função do aumento da demanda energética ocorrida pelo microtrator ao está acoplado a um rotoencanteirador, e o mesmo exigir do microtrator muita energia para executar a operação de preparo do solo. Lopes et al. (2003) avaliaram o consumo de combustível de um trator agrícola, operando com diferentes tipos de pneus, condições de lastragem e quatro velocidades de trabalho, verificaram que o aumento da marcha de trabalho proporcionou a elevação do consumo horário de combustível. Em ensaios de campo realizados avaliando o desempenho energético do conjunto microtrator-rotoencanteirador Nascimento et al. (2016) encontrou consumo de combustível médio de 3,24 L h⁻¹, 4,19 L h⁻¹ e 5,30 L h⁻¹ respectivamente, na 1^a, 2^a e 3^a marcha.

O índice de patinagem médio foi de 13,23%, e conforme a ASABE (2006), este valor está acima das recomendações para solos revolvidos que varia de 11 a 13% e abaixo de 14 a 16% em solos arenosos, apenas na 3^a marcha de trabalho o índice de patinagem dos rodados

de 16% foi considerado dentro das recomendações para solos arenosos. O aumento da marcha de trabalho contribuiu para o incremento da patinagem dos rodados, discorrendo dos resultados encontrados por Nascimento et al. (2016) ao verificarem que a marcha de trabalho utilizada pelo conjunto microtrator-rotoencanteirador contribuiu para a diminuição da patinagem dos rodados. Santos et al. (2018) ao avaliar um protótipo de quadriciclo desenvolvido para a agricultura familiar em solo cearense, observaram que o patinamento dos rodados foi influenciado pelo escalonamento de marchas.

Outro fator que sofreu com a alteração com o aumento da marcha de trabalho foi à velocidade de deslocamento, isso ocorreu devido ao tempo de percurso percorrido pelo conjunto mecanizado, já que a área das parcelas manteve-se a mesma. A capacidade de campo teórica não apresentou diferenças significativas entre as marchas, no entanto a capacidade de campo efetiva demonstrou melhores resultados na primeira marcha. A melhor eficiência de campo foi de 74,56% quando se trabalhou na terceira marcha.

4 CONCLUSÃO

A terceira marcha de trabalho proporcionou melhor eficiência de campo, no entanto, foi responsável pelo pior desempenho energético do microtrator contribuindo para incremento no consumo horário de combustível e patinagem dos rodados.

REFERÊNCIAS

- ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE EP496.3 368 Agricultural Machinery Management. In: ASABE Standards. St. Joseph, p.385-390, 2006.
- CORTEZ, J. W.et al. Desempenho operacional do conjunto trator-implementos nas operações de preparo do solo. Nucleus, Ituverava, v.8, n.2, p. 177-184, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2013.

- GABRIEL FILHO, A. et al. Desempenho operacional de trator em solo com três tipos de cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. 2002. Salvador. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. p.1- 4.
- INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V. de; TABILE, R. A. Instrumentação em máquinas agrícolas. Embrapa Instrumentação. 2014. 26 p. cap 1, p. 317-342.
- KAMPHORST, J. S. Quanto gasta seu trator. Revista Cultivar Máquinas, Pelotas, v.24, s.n, p.8-11, 2003.
- LOPES, A. et al. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p. 375-379, 2003.
- MINISTÉRIO DO ABASTECIMENTO PECUARIA E AGRICULTURA. Agricultura familiar. 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/agricultura-familiar>. Acesso: 11 maio de 2018.
- MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas – Ensaio e Certificação. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.
- MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- NASCIMENTO, E. M. S et al. Desempenho operacional de um conjunto microtrator-rotoencanteirador. Nucleus, Ituverava, v.3, n.2, p. 141-149, 2016.
- MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada, Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.3, p.759-767, 2006.
- MORAIS, C. S. et al. Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro. XVIII Congresso de Iniciação Científica, o XI Encontro de Pós-graduação e I mostra científica – Universidade Federal de Pelotas. 2009.
- OLIVEIRA, J. U. C. de. Estatística: Uma nova abordagem. Rio de Janeiro: Ciência, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SANTOS, M. A. M. dos et al. Desempenho operacional e energético de um protótipo de quadriciclo agrícola em pista de concreto. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 33, n.3, p.196-200, 2018.
- SILVEIRA, G. M. da. Os cuidados com o trator. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1987. 245 p.

SILVEIRA, G. M. da.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 418–424, 2010.

SILVEIRA, G. M. da; SIERRA, J. G.; ORTIZ-CAÑAVATE, J. Classificação dos tratores agrícolas de pneus em função de sua eficiência energética. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.16, n. 2, p. 208-214, 2008.